

## ANALYSIS OF THE EFFECT OF ELECTRODE VARIATION ON THE STRENGTH OF SMAW WELDING CARBON STEEL

### Analisa Pengaruh Variasi Elektroda Terhadap Kekuatan Pengelasan SMAW Baja Karbon

Yulianus Payage<sup>1✉</sup>, Kristiana Pasau<sup>2</sup>, Disabella Dayera<sup>1</sup>, Christina Bastian<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Papua, Kota Sorong

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Kota Makassar

#### Informasi Artikel

#### Riwayat Artikel

**Diserahkan** : 03-01-2023

**Direvisi** : 09-08-2023

**Diterima** : 11-10-2023

#### Kata Kunci:

Pengelasan SMAW, Uji Impact, Baja Karbon

#### Keywords :

*SMAW Welding, Impact Test, Carbon Steel*

#### ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan sumber daya di sektor konstruksi dan manufaktur. Kedua sektor ini memainkan peran vital dalam perekonomian negara, berkontribusi signifikan terhadap pembangunan nasional. Oleh karena itu, kebutuhan akan material logam dan baja menjadi peluang bisnis yang dapat mendorong pertumbuhan ekonomi nasional.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi elektroda terhadap kekuatan pengelasan SMAW pada baja karbon menggunakan metode eksperimen. Penelitian ini menggunakan dua jenis elektroda, yaitu E6013 dan E7016. Spesimen untuk uji impact memiliki dimensi tebal 4 mm, lebar 10 mm, dan panjang 55 mm, sedangkan untuk uji tarik, spesimen memiliki tebal 4 mm, lebar 40 mm, dan panjang 160 mm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi elektroda mempengaruhi kekuatan tarik pengelasan SMAW baja karbon, dengan nilai 466,075 MPa pada elektroda E7016 dan 388,7 MPa pada elektroda E6013. Sementara itu, pada uji kekuatan impak, variasi elektroda juga mempengaruhi hasil pengelasan dengan nilai 99,8° untuk elektroda E7016 dan 97,2° untuk elektroda E6013.

#### ABSTRACT

Indonesia has significant potential for resource development in the construction and manufacturing sectors. These sectors play a crucial role in the nation's economy, contributing substantially to national development. Therefore, the demand for metal and steel materials represents a business opportunity that can drive national economic growth.

This research aims to analyze the effect of electrode variation on the strength of SMAW welding on carbon steel using experimental methods. The study utilizes two types of electrodes, E6013 and E7016. The specimen for the impact test has dimensions of 4 mm thickness, 10 mm width, and 55 mm length, while the specimen for the tensile test has dimensions of 4 mm thickness, 40 mm width, and 160 mm length.

The results indicate that electrode variation affects the tensile strength of SMAW welding on carbon steel, with a value of 466.075 MPa for the E7016 electrode and 388.7 MPa for the E6013 electrode. Additionally, for the impact strength test, electrode variation also

influences the welding results, with a value of 99.8° for the E7016 electrode and 97.2° for the E6013 electrode.

---

***Corresponding Author :***

**Yulianus Payage**

Teknik Mesin, Teknik, Universitas Kristen Papua

Jl. F. Kalasuat, Malanu, Kota Sorong

Email: yulianuspayage94@gmail.com

---

---

## **PENDAHULUAN**

Salah satu negara dengan potensi besar dalam pengembangan sumber daya di industri manufaktur dan konstruksi adalah Indonesia. Kedua sektor ini memiliki dampak signifikan terhadap perekonomian nasional karena kontribusinya yang besar terhadap pertumbuhan negara. Perkembangan teknologi pengelasan logam memberikan dampak positif bagi kehidupan manusia dalam berbagai aktivitas. Saat ini, kemajuan ilmu pengetahuan di sektor konstruksi dan logam tidak bisa dilepaskan dari teknik pengelasan, yang memiliki peran penting. Di sektor konstruksi yang menggunakan logam, unsur pengelasan menjadi sangat diperlukan, terutama dalam bidang rancang bangun, di mana keterampilan pengelas sangat penting untuk menghasilkan sambungan las yang sesuai dengan standar yang telah ditetapkan .

Meskipun pengelasan bukan tujuan utama dalam konstruksi, pengelasan berfungsi sebagai sarana untuk meningkatkan produktivitas. Oleh karena itu, untuk mencapai hasil pengelasan yang diinginkan, desain las harus benar-benar mempertimbangkan kualitas lasan, termasuk kekuatan sambungan, serta memerhatikan jenis sambungan yang akan dilas. Pemilihan proses pengelasan yang tepat untuk setiap sambungan las dalam konstruksi harus didasarkan pada faktor-faktor seperti kualitas, biaya yang rendah, efisiensi yang tinggi, serta penghematan tenaga dan energi .

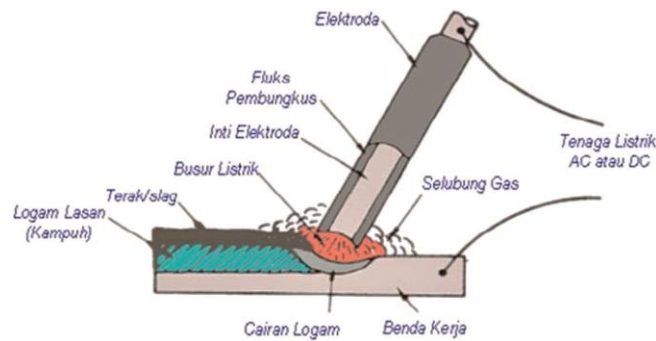
Pengelasan sendiri adalah proses penyambungan dua logam, khususnya baja, dalam kondisi meleleh atau cair untuk menghasilkan konstruksi mesin. Salah satu penyebab cacat dalam pengelasan adalah pemilihan elektroda yang digunakan selama proses pengelasan. Elektroda tidak hanya mempengaruhi ketangguhan, kekerasan, dan kekuatan tarik hasil pengelasan, tetapi juga menentukan kekuatan sambungan las. Kekuatan sambungan ini sangat penting karena kegagalan atau kerusakan pada sambungan pengelasan dapat menyebabkan kegagalan struktural dan kerugian dalam konstruksi .

### **A. Defenisi Pengelasan**

Proses penyatuan dua logam, terutama baja, disebut pengelasan. Konstruksi mesin dilakukan saat bahannya cair atau cair. Ini memiliki dampak mematahkan pada keamanan konstruksi yang dilas dan terkait erat dengan ketangguhan, cacat las, dan patahan. Sambungan rapuh menjadi semakin signifikan selama tahap pengelasan. Karena ada variabel yang menguntungkan untuk itu, termasuk adanya cacat las dan konsentrasi tegangan yang tidak tepat Untuk mempertinggi keamanan las terutama pada sambungan las, diperlukan adanya penilaian kekuatan daerah las.

### **B. LAS SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)**

Mesin las menghasilkan busur listrik. Kawat yang ditutupi dengan fluks pelindung adalah elektroda yang sedang digunakan. Saat pengelasan, elektroda ini akan meleleh dengan logam induk dan mengeras sebagai bagian las yang kuat, dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Proses Pengelasan SMAW<sup>10</sup>

### C. Elektroda

Elektroda merupakan material yang sangat penting dalam las. Elektroda, atau kawat las, dengan inti logam tunggal yang dilapisi lapisan campuran kimia diperlukan untuk melakukan pengelasan busur listrik. Fungsi pembangkit elektroda dan zat tambahan Elektroda terdiri dari dua bagian: bagian yang tidak berselaput, yang berfungsi sebagai dasar tang las, dan bagian berselaput, yang merupakan fluks. Tujuan fluks adalah untuk menciptakan gas pelindung, menstabilkan busur, dan melindungi logam cair dari udara.

Jenis elektroda yang dipakai akan sangat menentukan hasil pengelasan.

Keuntungan dari jenis pengelasan SMAW yaitu:

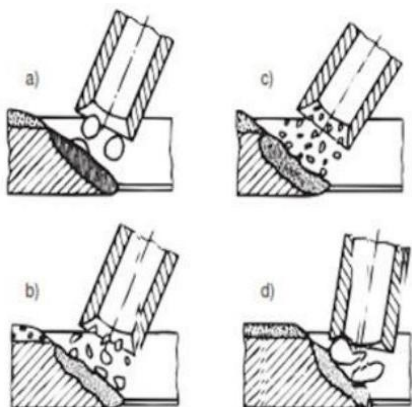
- 1) Dapat dipakai dimanapun, diluar ruangan, di luar bengkel dan didalam air Dapat mengelas berbagai macam jenis dari material
- 2) Set-up yang cepat dan sangat baik untuk diatur
- 3) Dapat dipakai untuk mengelas pada semua posisi
- 4) Elektroda tidak susah didapat dalam berbagai ukuran dan diameter
- 5) Perlatan yang digunakan sederhana dan mudah dibawa kemana-mana.
- 6) Kebisingan endah (rectifier)
- 7) Tidak terlalu sensitif terhadap korosi dan oli

Kekurangan dari jenis pengelasan SMAW adalah:

- 1) Pengelasan terbatas hanya sampai sepanjang elektoda dan harus melakukan penyambungan
- 2) Setiap akan melakukan pengelasan berikutnya *slag* harus dibersihkan.
- 3) Tidak dapat digunakan untuk pengelasan bahan baja non-ferrous.
- 4) Mudah terjadi oksidasi akibat pelindung logam cair hanya busur las dari fluks.
- 5) Diameter elektroda tergantung dari tebal pelat dan posisi pengelasan.

Untuk dapat memilih elektroda logam atau pengisi yang sesuai, sesuai dengan standar atau kode, dan mampu menghasilkan sambungan las yang dapat diterima. Pilih logam pengisi berdasarkan karakteristik logam induk dan sesuai dengan standar atau kode. Jenis, kategorisasi, dan fungsi Properti dan eksperimen dengan elektroda dan tambalan logam dalam proses SMAW, GMAW, dan pengelasan. Perusahaan pembuat logam pengisi harus memberikan jaminan dalam bentuk data atau sertifikasi kepada FCAW, GTAW, dan SAW. Rincian teknis Setiap logam yang dipanaskan akan mengembang dan akan terdepresiasi ketika dingin.<sup>14</sup>

Perbedaan dari ke-empat jenis elektroda diatas adalah pada lelehan elektroda selama proses pengelasan berlangsung, seperti **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Lelehan Elektroda

Keterangan gambar :

- a. Type Cellulose
- b. Type Rutile
- c. Type Acid
- d. Type Basic

Pemilihan jenis elektroda akan mempengaruhi kualitas dan hasil lasan, untuk itu, selain pemilihan jenis fluks, pemilihan elektroda harus disesuaikan dengan material yang akan dilas.

#### **D. Material Baja Karbon**

Pelat mild steel SS400, yang juga dikenal sebagai SS400 JIS 3101, di ASME Kode Bagian IIA spesifikasi JIS dari pelat baja untuk konstruksi umum termasuk dalam kategori SA-36. Di JIS (Standar Industri Jepang) “SS” singkatan dari baja struktural (structural steel) dan grade 400 yang mirip dengan AISI 1018. Plat mild steel SS400 adalah salah satu baja canai panas struktural yang paling umum digunakan. Tipikal material baja karbon khas, harganya relatif murah, sangat bagus di las dan di machining dan material baja SS400 dapat mengalami berbagai perlakuan panas.

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Baja SS400

<b>C ≤ 16mm max</b>	<b>&gt;16mm max</b>	<b>Mn max</b>	<b>Si max</b>	<b>P max</b>	<b>S max</b>
0.17	0.20	1.40	-	0.045	0.045

Dari komposisi kimia (chemical composition) unsur-unsur yang terdapat dalam material SS 400 tidak menunjukkan ciri khas yang dipunyai material baja tahan karat yang memiliki kadar krom (Cr) dan Nikel (Ni). Untuk baja tahan karat type 304 / SS304 minimal memiliki kadar Cr-Ni : 18-8, yakni : 18% Chrome dan 8% Nickel.

Menurut Sack (1997) menjelaskan bahwa Baja karbon (*Carbon Steel*) merupakan suatu perpaduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu. Unsur dasar baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, jika kadar karbon meningkat maka kekuatan dan kekerasan juga akan meningkat. Karena itu baja karbon disusun berdasarkan kadar karbonnya.

##### 1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah mempunyai kandungan karbon dibawah 0,3%. Baja karbon rendah biasanya dapat dikatakan sebagai baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas. Jenis baja yang biasa dan banyak digunakan yaitu jenis cold roll steel dengan kandungan karbon 0,08% – 0,30% yang biasanya terpakai untuk body kendaraan.

##### 2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang merupakan material baja yang didalam bahanya mengandung kandungan

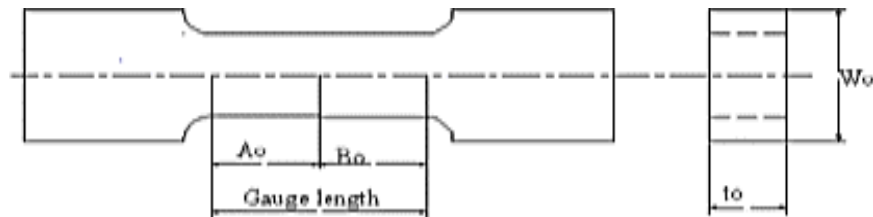
karbon dengan kekuatan yang besar dari baja karbon rendah dan mempunyaikualitas perlakuan panas yang besar. Baja karbon sedang bisa dilasm dengan las usur listrik elektroda penghalang dan proses pengelasan yang lain.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon paling besar jika dibandingkan dengan baja karbon yang lain yakni 0,60% - 1,7%. Baja karbon tinggi kebanyakan bajakarbon tinggi sukar untuk dilas jika disamakan dengan baja karbon rendah dan sedang.

**E. Uji Tarik**

Uji tarik merupakan salah satu pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan sifat mekanik dari suatu material dengan cara menambahkan tegangan tarik searah pada material yang hendak diuji. Tegangan tarik yang dilakukan ialah tegangan aktual eksternal atau penambahan sumbu pada benda uji.<sup>19</sup> Uji tarik, yang dilakukan sesuai dengan pedoman pengujian yang ditetapkan seperti ASTM E8 / E8M-11, digunakan untuk menentukan kekuatan tarik material.



**Gambar 3.** Spesimen Uji Tarik

Gaya atau berat yang diterapkan pada Gaya maksimum dicapai dengan menarik spesimen sampai pecah. Kekuatan tarik akan diturunkan untuk material Wide Unity jika beban maksimum ini dibagi dengan penampang asal. Kekuatan tarik memilikiBerikut ini rumusnya:

$$\sigma = fA_0 \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

F = beban maksimum (N)

A = luas mula penampang batang uji (mm<sup>2</sup>)

Pada pengujian tarik dilakukan dengan penambahan beban secara bertahap, kemudian akan mengakibatkan benda material bertambah panjang sesuai dengan gaya yang bekerja. Kesebandingan ini akan terus berlanjut sampai bahan sampai titik yang biasa disebut propotionality limit. Setelah itu pertambahan panjang yang terjadi sebagai akibat penambahan beban tidak lagi berbanding lurus, pertambahan beban yang sama akan menghasilkan penambahan panjang yang lebih besar dan suatu saat terjadi penambahan panjang tanpa ada penambahan beban, batang uji bertambah Panjang dengan sendirinya. Pada kondisi ini akan berlangsung sesaat dan setelah itu akan mengalami kenaikan. Meningkatnya beban ini akan terjadi hingga proses sampai paha hasil maksimum, untuk batang yang ulet beban mesin tarik akan turun lagi sampai akhirnya putus. Pada saat beban mencapai maksimum, batang uji mengalami pengecilan penampang setempat (*local necting*) dan penambahan panjang terjadi hanya disekitar necking tersebut.<sup>24</sup>



**Gambar 4.** Mesin Uji Tarik

Kekuatan tarik dapat diperoleh dengan melakukan uji tarik dan mencatat perubahan regangan dan tegangan. Titik tertinggi dari kurva tegangan dan regangan disebut dengan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) nilai uji tarik tidak berpatokan pada ukuran bahan, melainkan karena faktor jenis bahan. Faktor lainnya yang dapat membuat perubahan seperti keberadaan zat pengotor dalam bahan, temperatur dan kelembaban lingkungan pengujian, dan penyiapan spesimen.

#### **F. Uji Impak**

Uji impak merupakan pengujian dengan cara memakai pembebanan yang cepat. Pada proses pengujian impak terjadi penyerapan energi yang besar saat beban menumbuk spesimen. Energi yang diserap material ini dapat dihitung dengan memakai prinsip perbedaan energi potensial. Prinsip pengujian impak ini yaitu menghitung energi diserap oleh spesimen. Pada saat beban dinaikkan pada ketinggian tertentu, beban memiliki energi potensial maksimum, kemudian saat akan

menumbuk spesimen, energi kinetik mencapai maksimum. Energi kinetik maksimum tersebut akan diserap sebagian oleh spesimen hingga spesimen tersebut patah.

Besarnya energi untuk mematahkan spesimen uji dengan persamaan berikut:

Dimana:

$$W = G.R(\cos \beta_i - \cos \alpha_i) \quad (2)$$

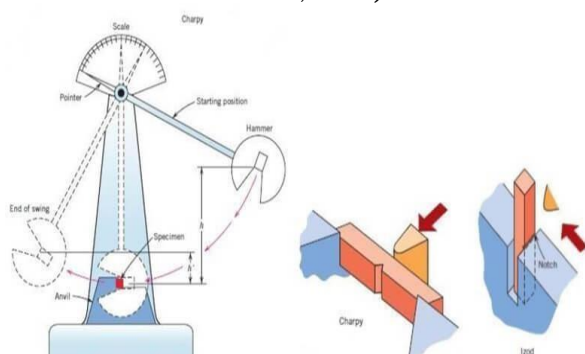
W = energi patah, (J)

R = jarak pendulum ke pusat rotasi, (m) G = berat pendulum, (N)

$\alpha_i$  = sudut pendulum sebelum mematahkan spesimen, ( $^\circ$ )

$\beta_i$  = sudut pendulum setelah mematahkan spesimen, ( $^\circ$ )

Ketangguhan (toughness) impak dapat dihitung dengan persamaan: (Reymond Reflon F Gultom & Sabri, 2021)



**Gambar 5.** Ilustrasi Skematis Pengujian Impact Charpy

## **METODE PENELITIAN**

### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar untuk proses pengujian specimen sedangkan untuk pembuatan specimen dilakukan di Bengkel mesin Universitas Kristen Papua, Sorong. Adapun Proses pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 3 bulan.

### **B. Alat dan Bahan**

Adapun alat bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Baja ST 40
2. Elektroda E6013 dan E7016
3. Mesin Uji Tarik
4. Gerinda
5. Perlengkapan Mesin Las (Inverter)
6. Ragum
7. Penggaris
8. Jangka Sorong / Vernier Caliper
9. Sarung Tangan

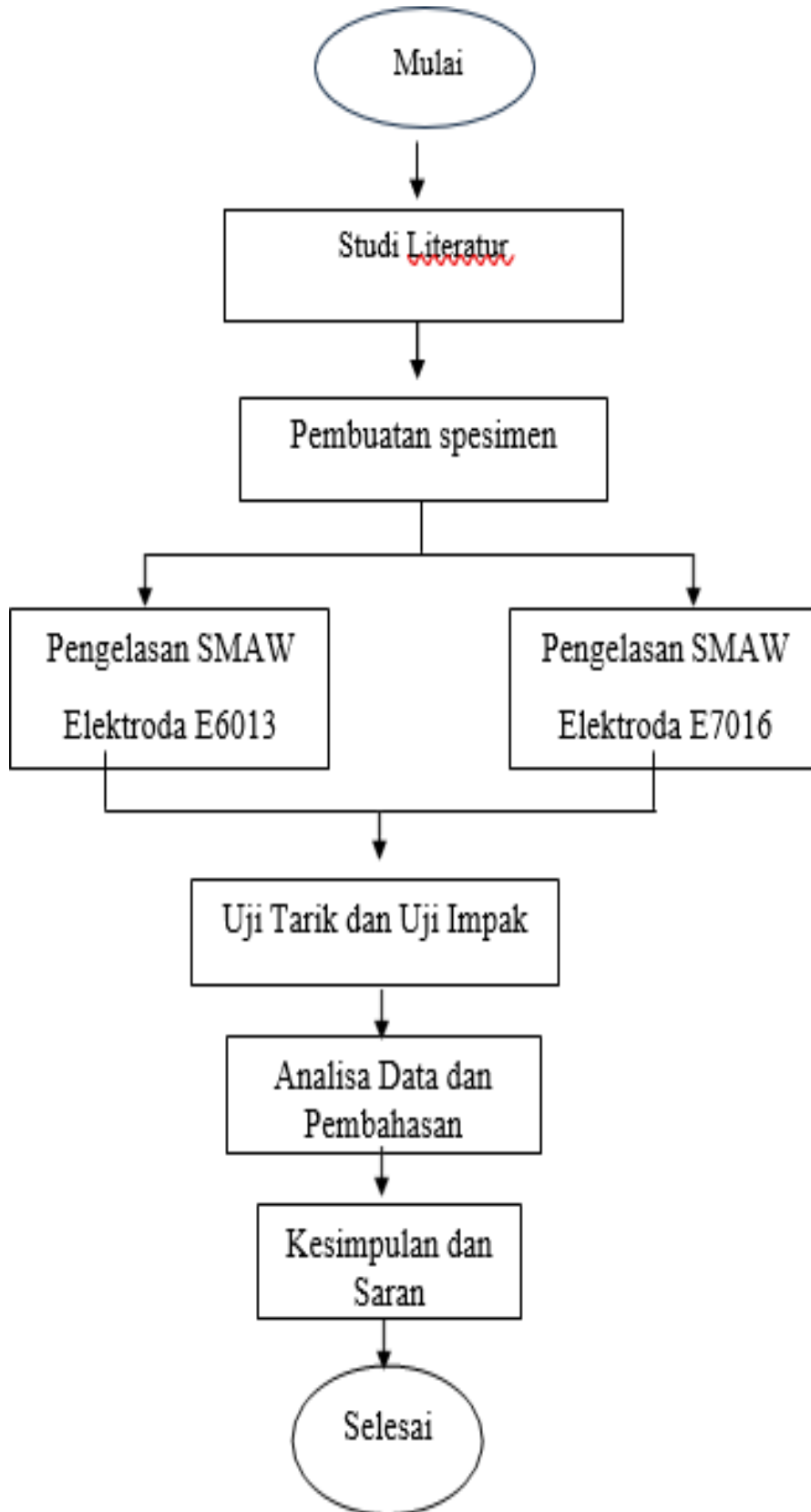
### **C. Metode Penelitian**

Peralatan utama yang dipakai dalam penelitian ini adalah las SMAW dengan variasi elektroda E7016 dan E6013. Selanjutnya melakukan uji tarik. Nilai pengujian diperoleh melalui percobaan langsung terhadap benda uji. Hasil berupa data yang diperoleh ialah dari pengujian secara langsung terhadap kekuatan tarik specimen yang telah dilas. Data yang telah diperoleh dari hasil pengujian di susun guna mendapat nilai kekuatan tarik dari masing-masing specimen.

### **D. Prosedur Penelitian**

1. Prosedur pembuatan Spesimen
  - a) Mempersiapkan specimen uji dengan bahan plat dan memiliki jenis baja ST40
  - b) Memotong plat baja sesuai dengan dimensi bentuk dan ukuran yang telah ditetapkan
  - c) Membuat radius dengan cara melakukan tahapan pengeboran pada sisi plat baja Spesimen sebelum pembuatan kampuh
  - d) Meratakan sisi permukaan specimen sesuai dengan bentuk dan ukuran standar ASTM E8/E 8M – 08 menggunakan mesin milling
  - e) Membuat kampuh dengan ukuran sudut kemiringan 45 derajat menggunakan mesin milling, kampuh memiliki ukuran kedalaman kampuh 3 mm serta lebar bibir kampuh sebesar 7 mm.
  - f) Mengelas specimen uji dengan variasi elektroda E6010 dan E6013
  - g) Hasil pengelasan specimen
2. Prosedur Pengujian
  - a) Mempersiapkan mesin uji tarik dan kelengkapannya
  - b) Mempersiapkan PC/Komputer yang akan digunakan sebagai alat untuk menampilkan data hasil pengujian tarik
  - c) Mengikat dan meletakkan specimen uji pada mesin uji tarik
  - d) Melakukan pengujian tarik

- e) Menyatukan patahan spesimen uji yang telah dilakukan pengujian tarik
- f) Memperoleh data hasil pengujian tarik berupa grafik dan tabel



**Gambar 4.** Diagram Alir Penelitian

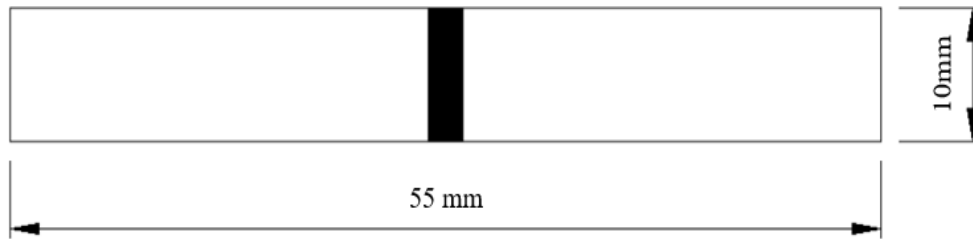
**A. Analisis Data Penelitian**

Setelah data diperoleh selanjutnya ialah melakukan analisa data dengan cara melakukan pengolahan pada data yang telah didapatkan. Data dari hasil pengujian dimasukkan kedalam persamaan-persamaan yang ada sehingga diperoleh data yang bersifat kuantitatif, yaitu data yang berupa angka.

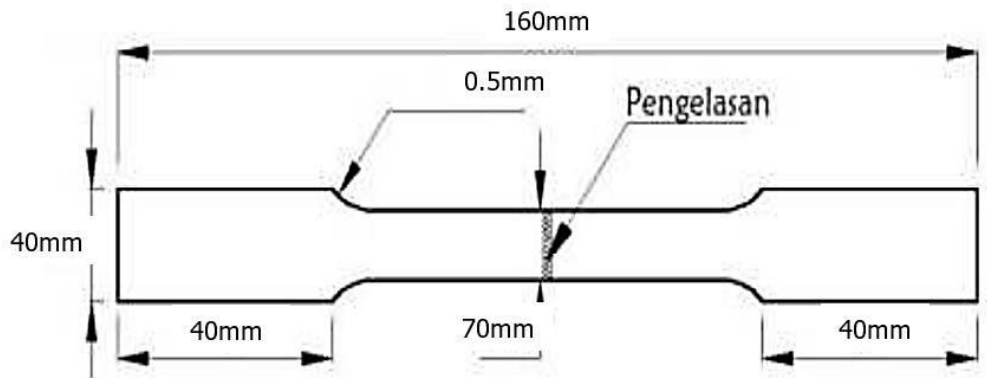
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil Pembuatan Spesimen Uji**

Adapun dalam penelitian ini bentuk dan ukuran spesimen uji bending dan tarik secara berturut-turut diperlihatkan pada gambar 6 dan 7. dibuat dengan spesifikasi sebagai berikut:



**Gambar 6. Rancangan Spesimen Uji Impact**



**Gambar 7. Rancangan Spesimen Uji Tarik**



**Gambar 8. Hasil Pembuatan Uji Impact E7016**



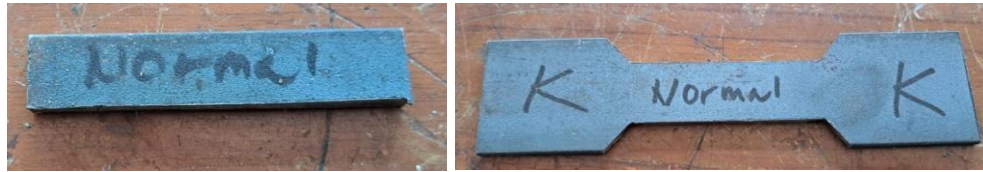
**Gambar 9. Hasil Pembuatan Uji Impact E6013**



**Gambar 10. Hasil Pembuatan Spesimen Uji tarik E6013**



**Gambar 11. Hasil Pembuatan Spesimen Uji tarik E7016**



Gambar 12. Hasil Pembuatan Spesimen Uji Normal

Gambar 8 dan 9 menunjukkan rancangan spesimen penelitian sebelum dilakukan pengelasan dengan ukuran untuk uji impact dengan tebal plat 4 mm, lebar plat 10 mm dan panjang 55 mm sedangkan pada spesimen uji tarik tebal plat 4 mm, lebar plat 40 mm dan panjang 160 mm. Setelah benda kerja dibentuk selanjutnya dilakukan pengujian hasilnya seperti pada gambar 10 dan 11.

**B. Hasil Pengujian**

**1. Hasil Uji Impact**

Pengujian impact dilakukan menggunakan alat, berikut hasil pengujiannya:



Gambar 16. Hasil Pengujian Impact

Berikut ini data hasil pengujian impact dengan sudut 135° sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Impak

Spesimen	Elektroda	Sudut
E-1	E6013	94°
E-2		104°
E-3		92°
E-4		100°
E-5		96°
<b>Rata-rata</b>		<b>97,2°</b>
RD-1	E7016	95°
RD-2		101°
RD-3		97°
RD-4		102°

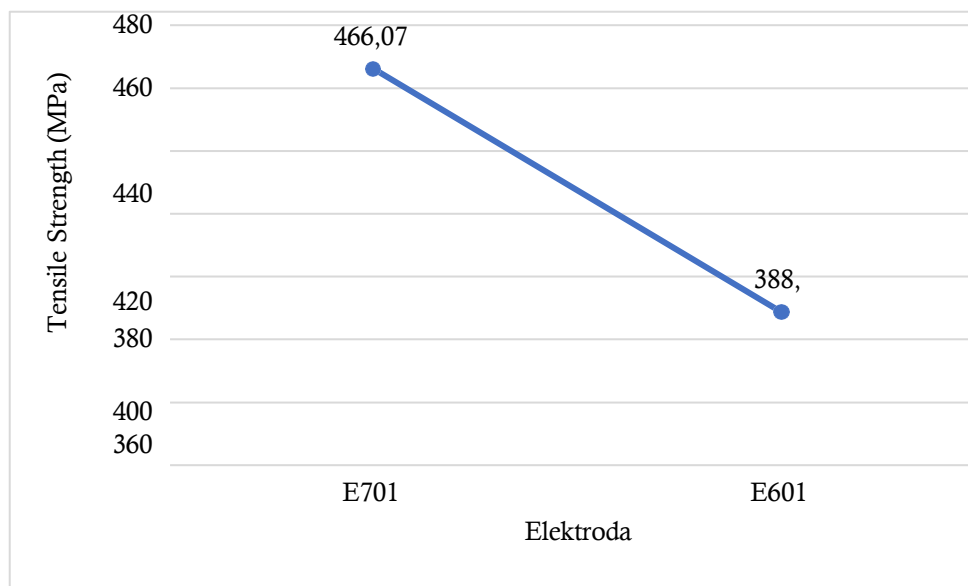
RD-5		104°
<b>Rata-rata</b>		<b>99,8°</b>

## 2. Hasil Uji Tarik

Percobaan uji tarik dalam kondisi normal atau tanpa perlakuan variasi elektroda (E 7016 dan E 6013), serta masing-masing sampel dibuat rangkap lima sebagai pembandingan. Berikut hasil uji tarik specimen uji:

**Tabel 3.** Hasil Uji Tarik

No	Variasi Elektroda	Jumlah Spesimen	0,2% Y.S (MPa)	Peak (MPa)	Elongiti on %
1	ElektrodaE 7016	RD-1	363.75	460.562	27.9
		RD-2	397.875	491.688	31.9
		RD-3	397.875	491.688	31.9
		RD-4	314.563	376.125	28
		RD-5	384.438	510.312	33
		<b>Rata-rata</b>	<b>371,7002</b>	<b>466,075</b>	<b>30,54</b>
2	ElektrodaE 6013	E-1	376.438	486.375	38
		E-2	329.438	338.5	88
		E-3	376.813	351.125	19
		E-4	368.563	511.063	43
		E-5	122.188	256.437	16
		<b>Rata-rata</b>	<b>314,688</b>	<b>388,7</b>	<b>40,8</b>



**Gambar 10.** Grafik kekuatan tarik terhadap perbandingan pengelasan SMAW posisi 1G

Berdasarkan gambar 10 grafik hubungan variasi diatas, dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengujian tarik diperoleh hasil pada penggunaan elektroda E 7016 mempunyai kekuatan tarik sebesar 466.075 MPa Pada pengelasan dengan menggunakan elektroda E 6013 pada uji kekuatan tarik mempunyai nilai sebesar 388.7 MPa Sehingga hasil yang di dapatkan pada pengujian elektroda E 7016 mempunyai kekuatan tarik yang lebih tinggi dari E

6013. Dari nilai kekuatan tarik yang ditunjukkan grafik diatas pengelasan beda logam baja ST40 memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi pada elektroda AWS E 6013.

Berdasarkan pembahasan uji Tarik di atas, maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh variasi elektroda terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan SMAW baja karbon sebesar 466.075 MPa pada elektroda E 7016 dan 388.7 MPa pada elektroda E 6013.

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan yaitu pengaruh variasi elektroda terhadap kekuatan pengelasan SMAW baja karbon dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh variasi elektroda terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan SMAW baja karbon sebesar 466.075 MPa pada elektroda E 7016 dan 388.7 MPa pada elektroda E 6013.
2. Terdapat pengaruh variasi elektroda terhadap kekuatan impak hasil pengelasan SMAW baja karbon sebesar  $99,8^\circ$  pada elektroda E 7016 dan  $97,2^\circ$  pada elektroda E 6013.

### REFERENSI

- Alvariza Farrel, Delza, Yuliyanto Yuliyanto, and Zulfetriyanto Zulfetriyanto. "Pengaruh Sifat Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa Bermatrik Polyester Terhadap Pengujian Tarik Dan Kelenturan." *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi* 3, no. 02 (2022). <https://doi.org/10.36418/jist.v3i2.360>.
- Arham, Yusrik. "Pengaruh Jenis Kampuh V Dan X Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Impak Pada Pengelasan Baja Karbon." *ENTHALPY - Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin* 2, no. 2 (2016).
- Arifin, J., H. Purwanto, and I. Syafa'at. "Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Smaw Baja Astm A37." *Jurnal Momentum UNWAHAS* 13, no. 1 (2017).
- ASTM E8. "ASTM E8/E8M Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials 1." *Annual Book of ASTM Standards* 4, no. C (2010). <https://doi.org/10.1520/E0008>.
- Azwinur, Azwinur, and Muhazir Muhazir. "Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Material SS400." *Jurnal Polimesin* 17, no. 1 (2019).
- Bakhori, Akhmad. "Perbaikan Metode Pengelasan Smaw (Shield Metal Arc Welding) Pada Industri Kecil Di Kota Medan." *Buletin Utama Teknik* 13, no. 1 (2017).
- Barry, Akmal, and Zuraida Zuraida. "Kaji Eksperimen Pengaruh Hardening Dan Tempering Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Karbon Sedang." *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur* 3, no. 1 (2022). <https://doi.org/10.24127/armatur.v3i1.1905>.
- Bontong, Yafet. "ANALISIS PENGARUH ARUS PENGELASAN DENGAN METODE SMAW DENGAN ELEKTRODA E7018 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KETANGGUHAN PADA BAJA KARBON RENDAH." *JournalDynamic Saint* 2, no. 1 (2018). <https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v2i1.305>.
- Denti Salindeho, Robert, Jan Soukota, Rudy Poeng, Jurusan Teknik, Mesin Universitas, and Sam Ratulangi. "Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalisis Sifat Mekanik Material." *Poros Teknik Mesin Unsrat* 2 (2013).

- HANDOKO, DWI. "Perancangan Uji Impact Charpy Dengan Akuisisi Data Berbasis Microcontroller Arduino." *Suara Teknik : Jurnal Ilmiah* 12, no. 2 (2022). <https://doi.org/10.29406/stek.v12i2.3852>.
- Hidayat, Wahyu. "Klasifikasi Dan Sifat Material Teknik Serta Pengujian Material." *Jurnal Material Teknik* 4 (2019).
- Jayanti, Regna Tri. "Studi Pengujian Sifat Mekanik Material Baja ST-37." *Majalah Teknik Industri* 29, no. March (2021).
- Khatammi, Achmad, and Akhmad Rizqi Wasiur. "Analisis Kecacatan Produk Pada Hasil Pengelasan Dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis)." *Jurnal Serambi Engineering* 7, no. 2 (2022). <https://doi.org/10.32672/jse.v7i2.3853>.